

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND

DEUTSCHES  
PATENTAMT

## (12) Offenlegungsschrift

(10) DE 196 48 915 A 1

(21) Aktenzeichen: 196 48 915.6

(22) Anmeldetag: 26. 11. 96

(43) Offenlegungstag: 4. 6. 98

## (11) Anmelder:

TEMIC TELEFUNKEN microelectronic GmbH, 74072  
Heilbronn, DE

## (17) Erfinder:

Zimmerling, Detlef, 74246 Eberstadt, DE

## (56) Entgegenhaltungen:

MADER, Rainer: Fortschritte in der Entwicklung von Mikrowellenzählern. In: Elektronik, 1986, Nr.13, S.144-146;

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

## (54) Verfahren zur Frequenzumsetzung

(57) Beschrieben wird ein Verfahren zur Frequenzumsetzung, bei dem ein periodisches Eingangssignal durch Unterabtastung mit einem Abtastsignal in ein bezüglich dem Eingangssignal niederfrequenteres Ausgangssignal frequenzumgesetzt wird. Die Frequenz des Abtastsignals wird dabei mittels eines digitalen Direkt-Synthetisierers vorgegeben, welcher durch ein aus dem Eingangssignal abgeleitetes Taktsignal mit einer zur Frequenz des Eingangssignals proportionalen Frequenz getaktet wird.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ein derartiges Verfahren ist beispielsweise aus der Literaturstelle Städler, Hartmannsgruber: "Meßtechnik", Verlag Senn, Tettnang, 1985, Seiten 55 - 57 bekannt. Bei diesem Verfahren wird eine schnell ansteigende sägezahnförmige Spannung, deren Frequenz gleich der Frequenz des Eingangssignals ist, mit einer langsam ansteigenden weiteren sägezahnförmigen Spannung verglichen. Als Vergleichsergebnis wird ein Abtastsignal erzeugt, welches zu den Zeitpunkten, in denen die schnell ansteigende sägezahnförmige Spannung den Wert der langsam ansteigenden sägezahnförmigen Spannung erreicht, schmale Abtastimpulse aufweist. Mit diesem Abtastsignal wird das Eingangssignal abgetastet. Es handelt sich hierbei um eine Unterabtastung, da die Frequenz des Abtastsignals nicht mindestens um den Faktor 2 größer als die Frequenz des Eingangssignals ist.

Der wesentliche Nachteil dieses Verfahrens besteht in dem Rücksprung der weiteren sägezahnförmigen Spannung. Aufgrund dieses Rücksprungs setzt sich das durch die Abtastung erzeugte Ausgangssignal aus mehreren aneinandergefügten Kurvenzügen zusammen, wobei jeweils zwei benachbarte Kurvenzüge gegeneinander phasenverschoben sind, d. h. das Ausgangssignal weist an den benachbarten Endpunkten von aneinander angrenzenden Kurvenzügen jeweils einen Phasensprung auf, so daß es nur bereichsweise dem zeitlich gespreizten Eingangssignal entspricht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 anzugeben, mit dem sich Ausgangssignale erzeugen lassen, die keine Phasensprünge aufweisen.

Die Aufgabe wird erfundungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß das Abtastsignal mittels eines digitalen Direkt-Synthetisierers, der durch ein aus dem Eingangssignal abgeleitetes Taktsignal angesteuert, d. h. getaktet wird, wobei die Frequenz des Taktsignals zur Frequenz des Eingangssignals proportional ist, kontinuierlich und ohne zeitliche Verzögerung erzeugt werden kann. Die Frequenz des Abtastsignals wird dabei durch den Direkt-Synthetisierer vorgegeben und ist, da der Direkt-Synthetisierer durch das Taktsignal getaktet wird, auch von der Frequenz des Taktsignals abhängig.

Der Direkt-Synthetisierer wird vorzugsweise derart programmiert, daß er als Frequenzteiler mit einem nichtganzzahligen Teilerfaktor wirkt. Die Frequenz des Taktsignals ist demzufolge größer als die Frequenz des Abtastsignals und sie ist zudem keine harmonische Frequenz der Frequenz des Abtastsignals.

In einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens generiert der Direkt-Synthetisierer zunächst ein Oszillatorsignal aus dem ein Impulsformer das Abtastsignal erzeugt.

Das erfundungsgemäße Verfahren vereinigt mehrere Vorteile in sich:

- Es läßt sich bestens zur Messung eines hochfrequenten Eingangssignals einsetzen, da die Frequenz des Ausgangssignals durch eine geeignete Programmierung des Direkt-Synthetisierers auf einen Frequenzwert eingestellt werden kann, der im zulässigen Frequenzbereich eines zur Messung verwendeten Meßgerätes liegt. Die Messung des Eingangssignals wird dann auf eine Messung des Ausgangssignals zurückgeführt.

- Es ist zur Spektralanalyse des Eingangssignals einsetzbar, da das Ausgangssignal keine durch die Abtastung bedingte Phasensprünge aufweist und das Frequenzspektrum des Ausgangssignals demzufolge dem Frequenzspektrum des Eingangssignals entspricht.

- Es eignet sich bestens zur Messung von durch Frequenzmodulation oder Phasenrauschen gestörten Eingangssignalen, da die Periode des Abtastsignals bei einem frequenzmodulierten Eingangssignal aufgrund des als Frequenzteiler wirkenden Direkt-Synthetisierers derart variiert wird, daß beim frequenzmodulierten Eingangssignal die gleichen Signalwerte wie beim unmodulierten, d. h. ungestörten, Eingangssignal abgetastet werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Figur, die als Ausführungsbeispiel eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des erfundungsgemäßen Verfahrens zeigt, näher beschrieben.

Gemäß der Figur wird das Eingangssignal  $U_E$  dem Eingang E eines Leistungsteilers LT und über den Leistungsteiler LT dem Abtast-Halte-Glied AH und der Takttableineinheit TA zugeführt. Die Takttableineinheit TA erzeugt aus dem Eingangssignal  $U_E$ , beispielsweise durch Verstärkung und Impulsformung, das Taktsignal  $U_T$ , welches dem Takteingang TE des digitalen Direkt-Synthetisierers DS zugeführt wird und die Zeitbasis des Direkt-Synthetisierers DS vorgibt. In der Takttableineinheit TA kann des weiteren, falls die Frequenz  $f_T$  des Eingangssignals  $U_E$  die maximal zulässige Taktfrequenz des Direkt-Synthetisierers DS überschreitet, eine Frequenzteilung der Frequenz  $f_T$  des Eingangssignals  $U_E$  um einen ganzzahligen Faktor  $N_1$  vorgenommen werden. Der Direkt-Synthetisierer DS erzeugt aus dem Taktsignal  $U_T$  das Oszillatorsignal  $U_O$ , dessen Frequenz  $f_O$  kleiner als die Frequenz  $f_T$  des Taktsignals  $U_T$  ist. Der Kurvenverlauf des Oszillatorsignals  $U_O$  läßt sich dabei durch eine Reihe von digitalen Datenwörtern vorgegeben, welche vom Direkt-Synthetisierer DS, beispielsweise durch Auslesen eines Speichers und/oder durch Berechnung nach einem bestimmten Algorithmus, generiert werden. Die Datenwörter werden nacheinander in einem durch die Frequenz  $f_T$  des Taktsignals  $U_T$  festgelegten zeitlichen Abstand generiert und stellen jeweils denjenigen Wert des Oszillatorsignals  $U_O$  dar, der dieses zu dem Zeitpunkt, in dem das jeweilige Datenwort generiert wird, aufweist. Eine Analog-Digital-Wandlung der Reihe von Datenwörtern und ggf. eine anschließende Glättung des durch die Analog-Digital-Wandlung erzeugten Signals liefert dann den gewünschten Kurvenverlauf des Oszillatorsignal  $U_O$ . Der Direkt-Synthetisierer DS wirkt als Frequenzteiler mit einem das Verhältnis aus der Frequenz  $f_T$  des Taktsignals  $U_T$  zur Frequenz  $f_O$  des Oszillatorsignal  $U_O$  darstellenden nichtganzzahligen Teilerfaktor. Das Oszillatorsignal  $U_O$  wird dem Impulsformer IF zugeführt, der daraus das zum Oszillatorsignal  $U_O$  frequenzgleiche Abtastsignal  $U_A$  erzeugt. Das Verhältnis aus der Frequenz  $f_A$  des Abtastsignals  $U_A$  zur Frequenz  $f_T$  des Eingangssignals  $U_E$  ist demzufolge ein nichtganzzahliger Faktor, der größer als 1 ist. Das Abtastsignal  $U_A$  weist eine Vielzahl schmaler Abtastimpulse auf, deren Breite deutlich schmäler, beispielsweise ca. 10 mal schmäler, als die Periode des Eingangssignals  $U_E$  ist und von denen die jeweils benachbarten Abtastimpulse um eine Periode  $f_A^{-1}$  des Abtastsignals  $U_A$  zeitlich voneinander beabstandet sind. Das Eingangssignal  $U_E$  wird im Abtast-Halte-Glied AH, das durch das Abtastsignal  $U_A$  angesteuert wird, zu Abtastzeitpunkten, die durch die Abtastimpulse des Abtastsignals  $U_A$  festgelegt werden, abgetastet. Das Abtast-Halte-Glied AH liefert dann als Ergebnis das Ausgangssignal  $U_M$ , dessen

Frequenz  $f_M$  kleiner als die Frequenz  $f_E$  des Eingangssignals  $U_E$  ist und dessen Kurvenverlauf dem zeitlich gespreizten Eingangssignal  $U_E$  entspricht. Das Eingangssignal  $U_E$  kann daher mit dem Abtast-Halte-Glied AH nachgeschalteten Meßgeräten durch Messung des Ausgangssignals  $U_M$  gemessen werden. Zwischen Abtast-Halte-Glied AH und Meßgeräte kann zusätzlich ein Tiefpaßfilter TP zur Glättung des Ausgangssignals  $U_M$  geschaltet sein.

## Patentansprüche

10

1. Verfahren zur Frequenzumsetzung, bei dem ein periodisches Eingangssignal ( $U_E$ ) durch Unterabtastung mit einem Abtastsignal ( $U_A$ ) in ein bezüglich dem Eingangssignal ( $U_E$ ) niederfrequenteres Ausgangssignal ( $U_M$ ) frequenzumgesetzt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz ( $f_A$ ) des Abtastsignals ( $U_A$ ) mittels eines digitalen Direkt-Synthetisierers (DS) vorgegeben wird, welcher durch ein aus dem Eingangssignal ( $U_E$ ) abgeleitetes Taktignal ( $U_T$ ) mit einer zur Frequenz ( $f_E$ ) des Eingangssignals ( $U_E$ ) proportionalen Frequenz ( $f_T$ ) getaktet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Direkt-Synthetisierer (DS) derart programmiert wird, daß er als Frequenzteiler mit nichtganzzahligen Teilerfaktor wirkt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Direkt-Synthetisierer (DS) ein Oszillatorsignal ( $U_O$ ) generiert, aus dem ein Impulsformer (IF) das Abtastsignal ( $U_A$ ) erzeugt.
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es zur Messung von hochfrequenten Eingangssignalen ( $U_E$ ) verwendet wird.

35

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

40

45

50

55

60

65

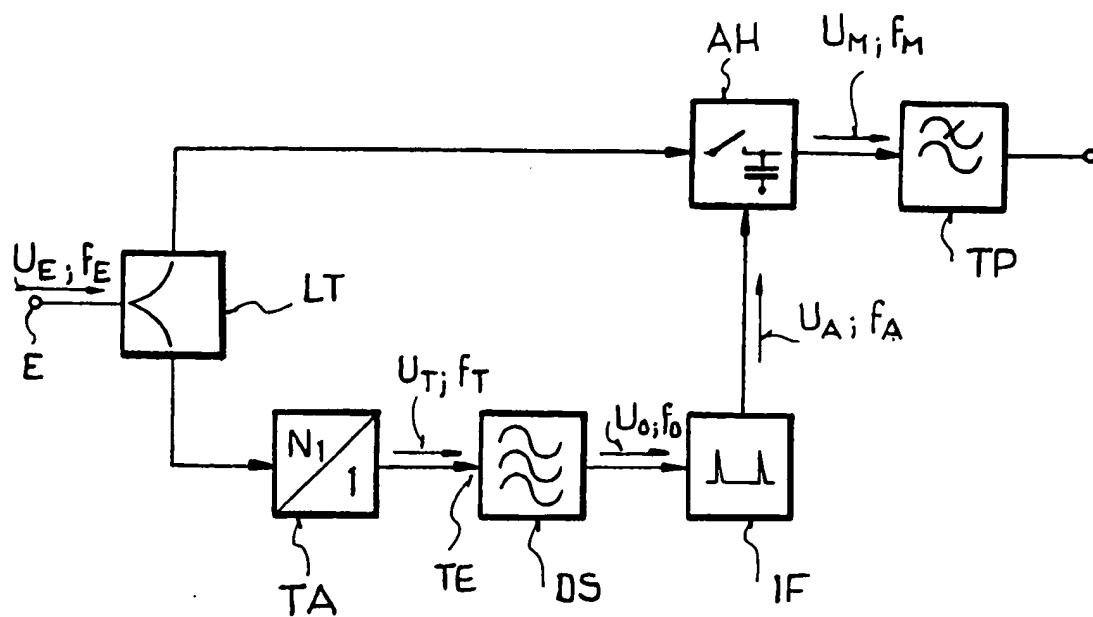


FIG.